

**DELPHION**

No active tr.

Select CR

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

Log Out Work Files Saved Searches

My Account

Search: Quick/Number Boolean Advanced Derwent

## The Delphion Integrated View: INPADOC Record

Get Now: ☒ PDF | [File History](#) | [Other choices](#)

Tools: Add to Work File: [Create new Work](#)

View: Jump to:  Go to: [Derwent](#)

[Ema](#)

**Title:** FR2802377A1: PROCEDE D'ESTIMATION DE MOUVEMENT ENTRE I  
IMAGES AVEC GESTION DES RETOURNEMENTS DE MAILLES ET F  
DE CODAGE CORRESPONDANT

**Derwent Title:** Digital image processing system for transmission includes use of mesh of  
nodal points with displacement vectors describing second image  
[\[Derwent Record\]](#)

**Country:** FR France

**Kind:** A1 Application, First Publication <sup>1</sup> (See also: [FR2802377B1](#) )

**Inventor:** LAURENT CHATENET NATHALIE;

**Assignee:** FRANCE TELECOM France  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)



**Published / Filed:** 2001-06-15 / 1999-12-09

**Application Number:** FR1999000015568

**IPC Code:** IPC-7: [H04N 7/28](#); [G06T 7/20](#);

**ECLA Code:** [G06T9/00F](#); [H04N7/26A6C8](#); [H04N7/26M2N2](#); [H04N7/26P36E6F](#);

**Priority Number:** 1999-12-09 [FR1999000015568](#)

**INPADOC Legal Status:** None **Get Now:** [Family Legal Status Report](#)

**Designated Country:** CA EP JP US

**Family:**

PDF	Publication	Pub. Date	Filed	Title
	<a href="#">WO0143446A1</a>	2001-06-14	2000-12-07	METHOD FOR ESTIMATING THE M BETWEEN TWO IMAGES WITH MANAGEMENT OF MESH OVERTU AND CORRESPONDING CODING M
	<a href="#">US20030063672A1</a>	2003-04-03	2002-09-12	Method for estimating the motion bet digital images with management of r overturning and corresponding codin
	<a href="#">US6963605</a>	2005-11-08	2002-09-12	Method for estimating the motion bet digital images with management of r overturning and corresponding codin
	<a href="#">FR2802377B1</a>	2002-03-08	1999-12-09	PROCEDE D'ESTIMATION DE MOL ENTRE DEUX IMAGES AVEC GES RETOURNEMENTS DE MAILLES E PROCEDE DE CODAGE CORRESP
				PROCEDE D'ESTIMATION DE MOL

<input checked="" type="checkbox"/>	FR2802377A1	2001-06-15	1999-12-09	ENTRE DEUX IMAGES AVEC GEST RETOURNEMENTS DE MAILLES E PROCEDE DE CODAGE CORRESP
<input checked="" type="checkbox"/>	EP1413140A1	2004-04-28	2000-12-07	METHOD FOR ESTIMATING THE M BETWEEN TWO IMAGES WITH MANAGEMENT OF MESH OVERTU AND CORRESPONDING CODING M

6 family members shown above

Other Abstract Info: None



[Nominate this for the Gallery...](#)

THOMSON

Copyright © 1997-2005 The Thoi

[Subscriptions](#) | [Web Seminars](#) | [Privacy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact U](#)

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

11 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 802 377

21 N° d'enregistrement national : 99 15568

51 Int Cl<sup>7</sup> : H 04 N 7/28, G 06 T 7/20

12

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 09.12.99.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 15.06.01 Bulletin 01/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : FRANCE TELECOM Société ano-  
nyme — FR et TELEDIFFUSION DE FRANCE — FR.

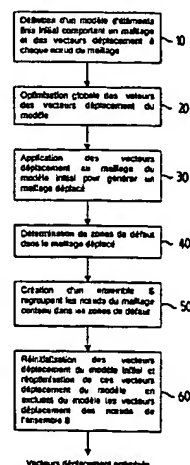
72 Inventeur(s) : LAURENT CHATENET NATHALIE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET BALLOT.

54 PROCÉDE D'ESTIMATION DE MOUVEMENT ENTRE DEUX IMAGES AVEC GESTION DES RETOURNEMENTS  
DE MAILLES ET PROCÉDE DE CODAGE CORRESPONDANT.

57 L'invention concerne un procédé d'estimation de mou-  
vement entre deux images numériques et une application  
de ce procédé pour le codage d'images. Ce procédé a pour  
but de supprimer les perturbations occasionnées par les re-  
tournements de mailles au cours de l'estimation de mouve-  
ment. Selon l'invention, le procédé consiste à réaliser une  
première estimation de mouvement pour repérer les mailles  
en défaut, c'est-à-dire les mailles se retournant ou se che-  
vauchant après application des vecteurs déplacement, puis  
à réaliser une seconde estimation de mouvement en ex-  
cluant au moins lesdites mailles en défaut afin de minimiser  
l'erreur de prédiction sur les autres mailles du modèle.



FR 2 802 377 - A1



PROCEDE D'ESTIMATION DE MOUVEMENT ENTRE DEUX IMAGES  
AVEC GESTION DES RETOURNEMENTS DE MAILLES  
ET PROCEDE DE CODAGE CORRESPONDANT

5

La présente invention concerne un procédé d'estimation de mouvement entre deux images numériques et une application de ce procédé pour le codage d'images.

10 Le mouvement entre deux images,  $I_1$  et  $I_2$ , se définit généralement sous la forme d'un champ de mouvement associé à l'une ou l'autre des images  $I_1$ ,  $I_2$  et constitué de vecteurs déplacement se rapportant chacun à un point de l'image concernée. Le vecteur déplacement  
15 est un vecteur à deux dimensions représentatif de la différence de position entre le pixel de l'image  $I_1$  et le pixel associé de l'image  $I_2$  se rapportant au même point physique de la scène filmée.

20 L'invention est applicable dans tous les domaines de l'imagerie nécessitant une analyse des mouvements ou des disparités entre deux images. Ce procédé peut également faire l'objet d'application au suivi d'objets dans les vidéos (à des fins notamment de création et  
25 d'annotation de contenus par les objets dans un contexte de normalisation MPEG4 et 7).

Pour obtenir un champ de mouvement, il est connu de décomposer l'image en éléments finis. Ces éléments  
30 finis qui peuvent être par exemple des triangles ou des quadrangles, sont déterminés par un maillage dont les noeuds correspondent aux sommets des éléments finis. Un

vecteur déplacement est calculé pour chaque noeud du maillage. Puis, par le biais d'une fonction d'interpolation, on peut en déduire un vecteur déplacement pour chaque point de l'image considérée. Le  
5 champ de mouvement est ainsi déterminé par le modèle d'éléments finis retenu, lequel définit le maillage utilisé pour partitionner l'image en éléments finis et la fonction d'interpolation permettant de calculer le vecteur déplacement en tout point de l'image.

10

Le maillage utilisé peut être régulier ou non et doit être choisi suffisamment dense pour modéliser au mieux le mouvement entre les deux images sans toutefois nécessiter une quantité de calculs ou de données à  
15 transmettre trop importante.

Le calcul des vecteurs déplacement des noeuds du maillage peut être effectué selon diverses méthodes. Il existe tout d'abord les méthodes dites de mise en  
20 correspondance, ou "matching", consistant à tester un ensemble discret de valeurs possibles de vecteurs déplacement pour chaque noeud du maillage et à retenir les meilleurs vecteurs selon un critère donné. Une seconde méthode dite par transformée consiste à  
25 utiliser les propriétés de la transformée de Fourier et de ses extensions afin de convertir le mouvement en un déphasage dans l'espace transformé. Enfin, il existe une troisième méthode dite différentielle permettant de déterminer les vecteurs déplacement par optimisation  
30 d'un critère mathématique (par exemple, par optimisation d'une erreur quadratique entre l'image et

sa valeur prédite avec le champ de mouvement). Cette méthode est la plus utilisée pour l'estimation de mouvement avec modélisation par éléments finis. Une méthode différentielle classique pour l'optimisation  
5 des vecteurs déplacement est la méthode de Gauss-Newton. La présente demande concerne plus particulièrement la famille de procédé d'estimation de mouvement utilisant un modèle d'éléments finis et une méthode différentielle par optimisation d'une erreur de  
10 prédiction pour déterminer le champ de mouvement.

Bien que très répandu, ce type de procédé présente cependant un inconvénient majeur. Sous l'effet du champ des vecteurs déplacement des noeuds du maillage, le  
15 maillage initial sur l'image de départ se transforme en un nouveau maillage sur l'autre image. Il peut alors se produire des retournements de mailles. En effet, le maillage déformable utilisé pour partitionner l'image définit une représentation continue d'un champ de  
20 mouvement alors que le mouvement réel de la scène filmée est de nature discontinue. Différents éléments de la scène peuvent apparaître ou disparaître d'une image à l'autre, générant alors des discontinuités. Cela se traduit au niveau du maillage par un  
25 retournement ou un chevauchement de mailles du modèle. Un exemple de retournement et de chevauchement de mailles est illustré par les figures 1A et 1B. La figure 1A montre un maillage triangulaire déformable avant application de vecteurs déplacement aux nœuds de  
30 ce maillage et la figure 1B montre le même maillage après application desdits vecteurs déplacement. Quatre

nœuds référencés A, B, C et D sont indiqués sur ces figures. Ces nœuds constituent les sommets de deux triangles notés ABC et BCD. Le triangle ABC est hachuré sur les deux figures. On constate que, après  
5 application des vecteurs déplacement (figure 1B), le triangle ABC s'est retourné et que tous les triangles ayant pour sommet le nœud A viennent recouvrir le triangle BCD, détruisant ainsi la propriété de continuité que doit vérifier tout maillage. Ce  
10 chevauchement de mailles provoque alors une dégradation visuelle. Un but de l'invention est d'éliminer la dégradation visuelle.

Il existe actuellement deux techniques pour résoudre  
15 ces problèmes de retournement de mailles: une technique dite de "post-traitement" et la technique consistant à mettre en place des contraintes de non-retournement lors de l'estimation de mouvement.

20 La technique dite de "post-traitement" peut être mise en œuvre selon deux scénarios possibles : le premier scénario correspondant à une correction a posteriori consiste à appliquer tels quels les vecteurs déplacement calculés, à détecter les vecteurs  
25 déplacement en défaut puis à corriger leur valeur de manière à inhiber les retournements; le second scénario consiste à procéder itérativement en appliquant à chaque itération une partie du déplacement escompté aux nœuds de manière à ce qu'il n'y ait pas de retournement  
30 et en bouclant ainsi jusqu'à convergence du processus. Cependant, étant donné que les méthodes de post-

traitement agissent une fois l'estimation de mouvement réalisée, le résultat est sous optimal car les vecteurs déplacement sont corrigés indépendamment de leur contribution globale à la minimisation de l'erreur de  
5 prédiction.

Une autre solution consiste à optimiser le champ de mouvement en intégrant des contraintes de non retournement des triangles au cours de l'estimation des  
10 vecteurs déplacement. On modifie l'estimation de mouvement en ajoutant à l'erreur quadratique de prédiction un lagrangien augmenté permettant de corriger la déformation des triangles lorsque ceux-ci s'approchent du triangle d'aire nulle. Cette technique  
15 est décrite dans l'article intitulé "Limitation of triangles overlapping in mesh-based motion estimation using augmented lagragian" International Conference Image Processing, Chicago, Octobre 1998. Cette dernière technique permettrait effectivement de déterminer la  
20 solution optimale au problème si le champ de mouvement était continu, ce qui n'est pas le cas.

La solution adoptée par l'invention pour résoudre le problème des retournements de maillages consiste à  
25 réaliser une première estimation de mouvement pour repérer les mailles en défaut, c'est-à-dire les mailles se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement, puis à réaliser une seconde estimation de mouvement en excluant au moins lesdites  
30 mailles en défaut afin de minimiser l'erreur de prédiction sur les autres mailles du modèle.



Aussi, l'invention a pour objet un procédé d'estimation du mouvement entre deux images numériques,  $I_1$  et  $I_2$ , de luminance  $Y_1$  et  $Y_2$ , destiné à générer, pour chaque point de coordonnées  $x, y$  de l'image  $I_2$  un vecteur déplacement  $\vec{d}(x, y) = (d_x, d_y)$  de manière à former une image  $\hat{I}_2$  à partir de l'image  $I_1$ , de luminance  $\hat{Y}_2(x, y) = Y_1(x + d_x, y + d_y)$ , qui soit une approximation de l'image  $I_2$ , comportant les étapes suivantes:

- 10 (a) - définir un modèle d'éléments finis initial comportant un maillage dont les noeuds sont des points de l'image  $I_1$ , un vecteur déplacement à chaque noeud dudit maillage, et une formule d'interpolation pour calculer la valeur du vecteur déplacement de chaque point de l'image  $I_1$  à partir des valeurs des vecteurs déplacements des noeuds de la maille à laquelle il appartient,
- (b) - optimiser de manière globale les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacement du modèle selon une  
20 méthode différentielle,
- (c) - appliquer lesdits vecteurs déplacement audit maillage du modèle initial de manière à générer un maillage déplacé représentatif de l'image  $\hat{I}_2$ ,
- (d) - déterminer des zones de défaut dans ledit  
25 maillage déplacé, lesquelles zones de défaut sont déterminées de telle manière qu'elles renferment chacune au moins une ou plusieurs mailles se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement, l'ensemble desdites mailles du maillage  
30 déplacé se retournant ou se chevauchant après

application des vecteurs déplacement étant renfermées dans lesdites zones de défaut;

(e) - créer un ensemble S regroupant l'ensemble des nœuds du maillage déplacé contenus dans les zones de défaut,

(f) - reprendre le modèle initial défini à l'étape (a), réinitialiser les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacements dudit modèle initial et réoptimiser les valeurs des vecteurs déplacement dudit modèle selon l'étape (b) en excluant du modèle les vecteurs déplacement des nœuds dudit ensemble S.

Cette double optimisation des vecteurs déplacement permet de déterminer les vecteurs de mouvement optimaux pour la zone continue (la zone admettant une bijection entre l'image  $I_1$  et l'image  $I_2$ ) du maillage et de supprimer les perturbations occasionnées par les vecteurs déplacement des zones de défaut.

En variante, on peut prévoir d'effectuer la réoptimisation des vecteurs déplacement de l'étape (f) en reprenant non pas le modèle initial, mais un modèle correspondant au modèle obtenu à l'issue d'une itération de l'optimisation réalisée à l'étape (b) pour laquelle les vecteurs déplacement optimisés n'engendrent pas de retournement de mailles et cela afin de diminuer le temps de traitement de l'étape (f).

On peut également prévoir un modèle d'éléments finis comportant un maillage hiérarchique. Dans ce cas, l'invention a pour objet un procédé d'estimation du

mouvement entre deux images numériques,  $I_1$  et  $I_2$ , de luminance  $Y_1$  et  $Y_2$ , destiné à générer, pour chaque point de coordonnées  $x, y$  de l'image  $I_2$  un vecteur déplacement  $\vec{d}(x, y) = (d_x, d_y)$  de manière à former une  
5 image  $\hat{I}_2$  à partir de l'image  $I_1$ , de luminance  $\hat{Y}_2(x, y) = Y_1(x + d_x, y + d_y)$ , qui soit une approximation de l'image  $I_2$ , comportant les étapes suivantes:

(a) - définir un modèle d'éléments finis initial comportant un maillage hiérarchique dont les noeuds  
10 sont des points de l'image  $I_1$ , ledit maillage hiérarchique comportant  $N+1$  niveaux de maillage ( $0 \dots N$ ) et chaque nœud dudit maillage appartenant à au moins un niveau de maillage, un vecteur déplacement à chaque nœud dudit maillage hiérarchique, et une formule  
15 d'interpolation pour calculer la valeur du vecteur déplacement de chaque point de l'image  $I_1$  à partir des valeurs des vecteurs déplacement des noeuds de la maille à laquelle il appartient,

(b) - optimiser de manière globale, niveau de maillage  
20 par niveau de maillage, les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacement du modèle selon une méthode différentielle en partant du niveau de maillage le plus grossier (niveau 0) et en s'appuyant à chaque niveau sur les valeurs optimisées du niveau de maillage  
25 inférieur,

(c) - appliquer lesdits vecteurs déplacement audit maillage hiérarchique du modèle initial de manière à générer un maillage déplacé représentatif de l'image  $\hat{I}_2$ ,

(d) - déterminer des zones de défaut à chaque niveau de maillage du maillage déplacé, lesquelles zones de défaut sont déterminées de telle manière qu'elles renferment chacune au moins une ou plusieurs mailles se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement, l'ensemble desdites mailles dudit maillage hiérarchique se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement étant renfermées dans lesdites zones de défaut, les zones de défaut du maillage de niveau de maillage  $i$  comprenant au moins les zones de défaut du maillage de niveau de maillage  $i-1$ ;

(e) - créer un ensemble  $S_i$  pour chaque niveau de maillage  $i$ , lequel ensemble  $S_i$  regroupe l'ensemble des nœuds du niveau de maillage  $i$  du maillage déplacé contenus dans les zones de défaut,

(f) - reprendre le modèle initial défini à l'étape (a), réinitialiser les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacement dudit modèle initial et réoptimiser les valeurs des vecteurs déplacement dudit modèle selon l'étape (b) en excluant à chaque niveau de maillage  $i$  du modèle les vecteurs déplacement des nœuds de l'ensemble  $S_i$  correspondant.

Enfin, l'invention a pour objet un procédé de codage d'une séquence d'images numériques visant à produire un train binaire représentatif de ladite séquence d'images, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- effectuer une estimation de mouvement de chacune des images numériques de la séquence par rapport à l'image

qui la précède en mettant en œuvre le procédé d'estimation de mouvement indiqué précédemment, et  
- introduire dans le train binaire des données pour décrire la première image de ladite séquence, des  
5 données sur la structure du maillage employé pour l'étape d'estimation de mouvement, les vecteurs déplacements obtenus à l'issue de ladite étape d'estimation de mouvement et des données de défaut pour décrire les zones de défaut déterminées au cours de  
10 l'étape d'estimation de mouvement.

Avantageusement, le train binaire comporte en outre un bit indiquant si l'étape d'estimation de mouvement de chacune des images a détecté des zones de défaut dans  
15 le maillage.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de description détaillée qui suit et qui est faite en référence aux dessins annexés,  
20 parmi lesquels :

- la figure 1A, déjà décrite, représente un maillage sur l'image  $I_1$  et les vecteurs déplacements associés aux nœuds de ce maillage permettant de générer l'image  $I_2$ ;
- 25 - la figure 1B, déjà décrite, montre le maillage de la figure 1A après application des vecteurs déplacement;
- la figure 2 représente un premier mode de réalisation du procédé de l'invention,
- la figure 3 montre une zone de retournement et une  
30 zone de défaut dans le maillage de la figure 1A, et

- la figure 4 représente un second mode de réalisation du procédé de l'invention.

On considère deux images numériques  $I_1$  et  $I_2$  appartenant à une même séquence vidéo et de luminances respectives  $Y_1$  et  $Y_2$ . Le procédé de l'invention consiste à réaliser une première estimation de mouvement pour générer, à chaque point P de coordonnées  $(x,y)$  de l'image  $I_2$ , un vecteur déplacement  $\vec{d}(x,y)=(d_x,d_y)$ .  
10 Ce vecteur est défini comme étant le vecteur permettant de construire à partir de l'image  $I_1$ , une image  $\hat{I}_2$  de luminance  $\hat{Y}_2(x,y)=Y_1(x+d_x,y+d_y)$  qui soit une approximation de  $I_2$ . Les déplacements sont ainsi définis de l'image  $I_1$  vers l'image  $I_2$ . Un point de coordonnées  $(x,y)$  dans  
15 l'image  $I_1$  a pour coordonnées  $(x+d_x,y+d_y)$  dans l'image  $I_2$ .

Le champ de mouvement recherché est défini par un modèle d'éléments finis. Dans la suite de l'exposé, on considère que les éléments finis sont des triangles  
20 sans qu'on puisse y voir une limitation de la portée de la présente demande à cette forme d'éléments finis. Le modèle d'éléments finis comporte par conséquent un maillage triangulaire, des vecteurs déplacement définis aux noeuds du maillage, lesquels noeuds correspondent  
25 aux sommets des triangles, et une formule d'interpolation pour calculer le vecteur déplacement des points à l'intérieur des triangles.

La formule d'interpolation utilisée pour calculer le champ de mouvement en tout point du domaine de l'image  $I_2$  est la suivante:

si on considère le point  $P$  de coordonnées  $(x, y)$  dans  
 5 l'image  $I_2$  appartenant au triangle  $e$  de sommets  $P_i$ ,  $P_j$   
 et  $P_k$  de coordonnées respectives  $(x_i, y_i)$ ,  $(x_j, y_j)$  et  $(x_k, y_k)$ , son  
 vecteur déplacement est égal à

$$\bar{d}(x, y) = \sum_{l=i,j,k} \psi_l^e(x, y) \cdot \bar{d}(x_l, y_l)$$

où  $\psi_l^e$  représente une fonction de base associée au  
 10 triangle  $e$ .

Dans le cas d'une interpolation affine, les  $\psi_l^e(x, y)$   
 représentent les coordonnées barycentriques du point  $P$   
 dans le triangle  $e$  de sommets  $P_i$ ,  $P_j$ ,  $P_k$ . Ces fonctions  
 15 sont définies par la relation suivante :

$$\begin{cases} \psi_l^e(x, y) = \alpha_l + \beta_l x + \gamma_l y & (x, y) \in e \\ \sum_{l=i,j,k} \psi_l^e(x, y) = 1 & \text{et } \alpha_l, \beta_l, \gamma_l \in \mathbb{R} \\ \psi_l^e(x, y) = 0 & (x, y) \notin e \end{cases}$$

$$\text{soit } \psi_i^e(x, y) = \frac{x_j y_k - x_k y_j + (y_j - y_k)x + (x_k - x_j)y}{x_j y_k - x_k y_j + x_k y_i - x_i y_k + x_i y_j - x_j y_k}$$

Les fonctions affines  $\psi_j^e(x, y)$  et  $\psi_k^e(x, y)$  se déduisent de  
 20 la fonction  $\psi_i^e(x, y)$  en permutant circulairement les  
 indices  $i, j, k$ . On peut également utiliser des modèles  
 d'éléments finis plus évolués, les fonctions  $\psi$  pouvant  
 alors être étendues à des polynômes de degré  $n \geq 2$  mais

la formule d'interpolation des vecteurs déplacement fait alors intervenir des dérivées premières, secondes... Un choix divers de modèles d'éléments finis est proposé dans l'ouvrage "Handbook of Numerical  
5 Analysis" de P.G Ciarlet et J.L Lions, Volume 2, pp 59-99, Ed. North Holland.

Selon un premier mode de réalisation illustré à la figure 2, le procédé d'estimation de mouvement se  
10 rapporte à un modèle d'éléments finis comprenant un maillage non hiérarchique.

Selon une première étape 10, on définit un modèle d'éléments finis initial en sélectionnant des points de  
15 l'image  $I_1$  selon un maillage triangulaire initial. Ce maillage peut être défini de manière quelconque, par exemple en fonction des besoins de l'application ou de connaissances préalables ou du mouvement déjà calculé entre deux images précédentes de la même séquence  
20 vidéo. Un vecteur déplacement de valeur nulle est alors associé à chaque noeud du maillage. La formule d'interpolation définie précédemment est également une donnée du modèle initial.

25 Selon une deuxième étape 20, on optimise la valeur des vecteurs déplacement du modèle selon une méthode différentielle, par exemple la méthode de Gauss-Newton ou son extension de Marquardt décrite dans la thèse intitulée "Représentation et codage de séquences vidéo  
30 par maillages 2D déformables" de Patrick Lechat, page 162, IRISA, Rennes, Octobre 1999. Cette méthode



consiste à rechercher l'ensemble des vecteurs déplacement nodaux qui minimisent l'erreur de prédiction entre les images  $\hat{I}_2$  et  $I_2$ . Cette erreur de prédiction est définie par :

$$5 \quad E = \sum_{(x,y) \in D} DFD^2(x,y)$$

avec  $DFD(x,y) = Y_2(x,y) - Y_1(x+d_x, y+d_y)$

où D est le domaine des images  $I_1$  et  $I_2$ .

Avantageusement, un raffinement local du maillage par  
 10 division des triangles est ensuite effectué lorsque l'erreur de prédiction E sur certains triangles du maillage entre l'image  $\hat{I}_2$  et l'image  $I_2$  est trop élevée. Pour ce faire, on calcule l'écart E entre l'image  $\hat{I}_2$  et l'image  $I_2$  sur chaque triangle du  
 15 maillage et on divise ce triangle si cet écart est supérieur à une valeur seuil. On réoptimise alors la valeur des vecteurs déplacement à partir de ce nouveau maillage en répétant l'étape d'optimisation précédente. On répète ainsi cette suite d'étapes (optimisation des  
 20 vecteurs déplacement, calcul de E pour chaque triangle, division des triangles) jusqu'à satisfaire un critère d'arrêt. Ce critère d'arrêt est par exemple un nombre prédéterminé de triangles à atteindre au terme de l'étape d'affinage local. On peut également prévoir  
 25 d'arrêter le procédé lorsque les écarts E de l'ensemble des triangles sont inférieurs à un écart seuil.

A l'issue de cette première estimation de mouvement, on obtient alors un modèle tel que représenté à la figure  
 30 1A avec un maillage déterminé et des vecteurs

déplacement pour chaque nœud de ce maillage. Après application des vecteurs déplacement aux nœuds du maillage (figure 1B), certains triangles du maillage se retournent et d'autres se chevauchent. Cette étape  
5 d'application est référencée 30 sur le schéma de la figure 2. Dans l'exemple de la figure 1B, le triangle ABC se retourne et les triangles ayant pour sommet le nœud A viennent recouvrir en partie le triangle BCD .

10 Selon l'invention, on détermine alors des zones de retournement dans le maillage du modèle à une étape 40. Ces zones sont constituées des triangles qui, après application des vecteurs déplacement, soit se retournent, soient viennent recouvrir d'autres  
15 triangles. Le maillage de la figure 1A comporte une zone de retournement qui est montrée à la figure 3 et qui comprend tous les triangles ayant pour sommet le noeud A. Cette zone est délimitée par l'hexagone BCEFGH.

20

Selon l'invention, on crée alors un ensemble S comprenant l'ensemble des nœuds appartenant aux zones de retournement du maillage (étape référencée 50 sur la figure 2). Dans l'exemple de la figure 3, l'ensemble S  
25 comprend les nœuds A, B, C, E, F, G et H.

Avantageusement, l'ensemble S est élargi aux nœuds périphériques de la zone de retournement afin d'éviter tout risque de retournement des triangles périphériques  
30 à la zone de retournement lors d'un traitement ultérieur du maillage (par exemple une nouvelle

optimisation des vecteurs déplacement). On définit alors une zone appelée zone de défaut englobant la zone de retournement. On prend par exemple le k-disque de la zone de retournement considérée. Une zone de défaut  
5 représentant le 2-disque de l'hexagone BCEFGH est montrée sur la figure 3. Cette zone de défaut est délimitée par le polygone P dessiné en trait gras sur la figure.

10. A une étape suivante référencée 60 sur la figure 2, on réinitialise alors l'ensemble des vecteurs déplacement du modèle initial, c'est-à-dire l'ensemble des vecteurs déplacement des nœuds du maillage de la figure 1A et on réoptimise les valeurs de ces vecteurs déplacement en  
15 excluant du modèle les vecteurs déplacement des nœuds de l'ensemble S et cela en réappliquant la méthode de Gauss Newton.

Les vecteurs déplacement obtenus en fin de procédé sont  
20 optimaux pour la zone continue du maillage car la perturbation engendrée par les zones de défaut a été supprimée.

En variante, on peut prévoir d'effectuer la  
25 réoptimisation des vecteurs déplacement de l'étape (f) en reprenant non pas le modèle initial, mais un modèle correspondant au modèle obtenu à l'issue d'une itération de l'optimisation réalisée à l'étape (b) pour laquelle les vecteurs déplacement n'engendrent pas de  
30 retournement de mailles. Cela permet ainsi de diminuer le temps de traitement de l'étape (f).

Le mouvement des nœuds des zones de défaut de l'image  $I_2$  n'est pas estimé par rapport à l'image  $I_1$  puisque ces zones correspondent à une partie de l'image  $I_2$  qui  
5 n'est pas présente dans l'image  $I_1$ .

Par ailleurs, il se peut que l'absence de certains nœuds dans le maillage crée des dégénérescences qui engendrent des problèmes de conditionnement matriciel  
10 au moment de l'optimisation des vecteurs déplacement. Aussi, afin d'éviter ces problèmes de conditionnement matriciel et afin d'accélérer la convergence de la méthode de Gauss-Newton, on peut prévoir d'appliquer la seconde étape d'optimisation à l'ensemble des nœuds du  
15 maillage en supposant préalablement que la différence de luminance entre les images  $I_1$  et  $I_2$  pour les zones de défaut est nulle.

En variante, on peut également prévoir de corriger la  
20 position des nœuds des zones de défaut du maillage afin de limiter les risques de dégénérescences au cours des optimisations de vecteurs déplacement qui suivront (notamment lors de l'estimation de mouvement des autres images de la séquence d'images comprenant les images  $I_1$  et  $I_2$ ). Cette correction locale du maillage peut être  
25 effectuée par exemple selon la méthode dite du barycentre décrite dans la thèse intitulée "Représentation et codage de séquences vidéo par maillages 2D déformables" de Patrick Lechat, page 174,  
30 IRISA, Rennes, Octobre 1999.

Selon un deuxième mode de réalisation illustré par la figure 4, le modèle défini lors de la première étape du procédé d'estimation de mouvement référencée 110 comprend un maillage hiérarchique, c'est-à-dire que le  
5 maillage est constitué de plusieurs maillages emboîtés correspondant chacun à un niveau de maillage. Les niveaux de maillage sont numérotés de 0 à N. Le niveau de maillage 0 correspond au maillage le plus grossier et le niveau de maillage N correspond au maillage le  
10 plus dense. Le maillage de niveau i est obtenu par subdivision des mailles du maillage de niveau i-1. Ainsi, tous les nœuds du niveau de maillage i appartiennent au niveau de maillage i+1. Les vecteurs déplacement associés aux nœuds du maillage hiérarchique  
15 sont initialement nuls et la fonction d'interpolation est la même que pour le premier mode de réalisation.

Selon une étape référencée 120, la valeur des vecteurs déplacement des nœuds du modèle est ensuite optimisée  
20 en appliquant la méthode de Gauss-Newton sur chaque niveau de maillage en commençant par le niveau de maillage 0. L'optimisation des vecteurs déplacement est effectuée niveau de maillage par niveau de maillage, les valeurs des vecteurs déplacement des nœuds communs  
25 aux niveaux de maillage i et i+1 obtenus au terme de l'optimisation au niveau i étant prises comme valeurs initiales pour ces nœuds lors de l'optimisation des vecteurs au niveau i+1. Les vecteurs déplacement des nouveaux nœuds, au niveau de maillage i+1, sont  
30 initialisés par des valeurs obtenues par interpolation des valeurs des vecteurs déplacement des nœuds du

niveau  $i$ . On applique ensuite, à une étape référencée 130, les vecteurs déplacement calculés au maillage hiérarchique du modèle, ce qui met en évidence les zones de défauts lorsqu'elles existent.

5

Dans ce mode de réalisation, la détermination des zones de retournement ou de défaut (étape 140) s'effectue à chaque niveau de maillage en commençant par le niveau de maillage le plus grossier (niveau 0). Les zones de défaut du maillage au niveau de maillage  $i$  comprennent nécessairement les zones de défaut du maillage au niveau  $i-1$ . Ainsi, le niveau de maillage le plus fin (niveau  $N$ ) comprend le plus grand nombre de zones de défaut et les zones de défaut les plus étendues. On aurait pu envisager de n'effectuer la détermination de zones de retournement ou de défaut que sur le maillage le plus fin mais il faut tenir compte du fait que certaines zones de défaut peuvent disparaître lorsque le maillage devient plus fin. Ces zones de défaut transitoires perturbent aussi l'optimisation des vecteurs déplacement et doivent par conséquent être identifiées.

15  
20

Lesdites zones de défaut étant définies, il est alors possible de créer ensuite, pour chaque niveau de maillage  $i$ , un ensemble  $S_i$  contenant les nœuds des zones de défaut du maillage au niveau  $i$  (étape 150). On peut noter que, pour tout  $i \in [0..N]$ ,  $S_i \subset S_{i+1}$ .

25

On reprend ensuite le modèle initial, on réinitialise la valeur des vecteurs déplacement des nœuds du

30

maillage hiérarchique et on réoptimise la valeur des vecteurs déplacement du modèle en excluant du modèle les vecteurs déplacement des nœuds des zones de défaut en appliquant la méthode de Gauss-Newton à chaque  
5 niveau de maillage (étape 160). Cette réoptimisation est d'abord effectuée sur les vecteurs déplacement des nœuds du maillage de niveau 0 en excluant les nœuds de l'ensemble  $S_0$ , puis sur les vecteurs déplacement des nœuds du maillage de niveau 1 en excluant les nœuds de  
10 l'ensemble  $S_1$ , et ainsi de suite jusqu'au niveau N.

Afin d'améliorer la position des noeuds du maillage déplacé associé à l'image  $\hat{I}_2$ , on peut éventuellement envisager d'effectuer une estimation de mouvement entre  
15 l'image  $\hat{I}_2$  et l'image  $I_2$ . Pour ce faire, on prend un maillage composé du maillage déplacé pour la zone continue de l'image  $\hat{I}_2$  et du maillage initial (c'est-à-dire du maillage de  $I_1$ ) pour les zones de défaut. Le maillage pour les zones de défaut est éventuellement  
20 corrigé selon la méthode dite du barycentre. On effectue alors une estimation de mouvement entre les images  $\hat{I}_2$  et  $I_2$  avec ce maillage et on obtient ainsi des vecteurs déplacement de faible valeur (car  $\hat{I}_2$  est une approximation de  $I_2$ ). En appliquant ces vecteurs  
25 déplacements aux nœuds du maillage déplacé de l'image  $\hat{I}_2$ , on obtient un nouveau maillage déplacé dont la position des nœuds est amélioré.

L'invention a également pour objet un procédé de codage  
30 d'images fixes ou animées avec réduction de débit en vue de leur transmission ou leur stockage. Un tel

procédé génère un train binaire représentatif de la séquence d'images codées. Ce procédé de codage comporte une étape d'estimation de mouvement mettant en œuvre le procédé décrit précédemment. Le mouvement de chacune  
5 des images de la séquence d'images à coder est estimé par rapport à l'image qui la précède. Bien entendu, le mouvement de la première image de la séquence n'est pas estimé. Les données qui sont introduites dans le train binaire sont alors: des données pour décrire la  
10 première image, des données sur la structure du maillage de départ employé pour l'estimation de mouvement et les vecteurs déplacement de chaque image issus de l'estimation de mouvement. Les données se rapportant à la première image sont des données de  
15 structure d'un maillage utilisé pour décrire la première image et des données de luminance, de chrominance et de positions des nœuds de ce maillage. Le maillage utilisé pour décrire la première image de la séquence peut en effet être différent de celui  
20 employé pour l'estimation de mouvement; il peut notamment comporter plus de niveaux de maillage.

Avant d'être introduites dans le train binaire, les données de la première image de la séquence sont codées  
25 de manière différentielle. Par ailleurs, toutes les données de luminance, chrominance et positions à introduire dans le train binaire sont quantifiées et compressées avant d'être introduites dans le train binaire afin de limiter le nombre des valeurs possibles  
30 et réduire la quantité de données à transmettre ou à stocker.



Selon l'invention, on prévoit également d'introduire dans le train binaire, pour chaque image dont le mouvement a été estimé, un bit de détection indiquant si l'estimation de mouvement de cette image a engendré des retournements de mailles. Si tel est le cas, une valeur spécifique est alors réservée aux vecteurs déplacements des nœuds des zones de retournement détectées. Par exemple, la valeur 0 est attribuée aux vecteurs déplacement des zones de retournement, la valeur des autres vecteurs déplacement étant alors incrémentée d'une unité. Les vecteurs déplacement de valeur 0 servent pour le repérage des zones de retournement en réception. La taille  $k$  du disque correspondant à la zone de défaut est alors introduite dans le train binaire afin de déterminer les nœuds appartenant à cette zone. On peut également envisager d'assigner la valeur 0 à tous les nœuds des zones de défaut. Il devient alors inutile de transmettre la taille du  $k$ -disque.

Des données de description des zones de défaut de chaque image sont également introduites dans le train binaire à la suite des vecteurs déplacement. Ces données sont par exemple obtenues par approximation par éléments finis ou par application d'une transformée en cosinus discrète ou d'une transformée par ondelettes sur la partie de l'image correspondant à ces zones de défaut.

En variante, les données de description des zones de défaut introduites dans le train binaire sont des valeurs optimisées de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S$ , l'optimisation de ces valeurs  
5 consistant à modifier ces valeurs pour qu'elles représentent au mieux ces zones de défaut. Si le maillage est hiérarchique, cette optimisation peut être réalisée de deux manières différentes:

- soit l'optimisation est effectuée, pour toutes les  
10 zones de défaut de l'image considérée, sur tous les nœuds de l'ensemble  $S_N$  (maillage le plus fin); cette optimisation peut alors être réalisée en utilisant une approche hiérarchique (optimisation des valeurs des nœuds de  $S_0$ , puis des valeurs des nœuds de  $S_1$  en se  
15 basant sur celles des nœuds de  $S_0, \dots$  jusqu'à  $S_N$ ) ou en optimisant directement les valeurs des nœuds de  $S_N$  ;
- soit chaque zone de défaut de l'image considérée est traitée individuellement et l'optimisation est alors effectuée sur les nœuds de l'ensemble  $S_j$  appartenant à  
20 la zone de défaut considérée avec  $j \geq 1$ ,  $1$  étant le niveau de maillage où la zone de défaut considérée est apparue; de même, cette optimisation peut être réalisée en suivant une approche hiérarchique ou en optimisant directement les valeurs des nœuds de l'ensemble  $S_j$ .

25

Selon l'approche hiérarchique, on peut également envisager de commencer l'optimisation des valeurs à un niveau de maillage  $m > 0$  au lieu de la commencer au niveau 0.

30

L'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance peut être réalisée par une méthode des moindres carrés qui consiste à minimiser un critère  $E'$  défini sur le domaine de la zone de défaut  $\Omega$ . Ce  
 5 critère est défini par l'expression suivante:

$$E' = \int_{\Omega} \left| I(x,y) - \sum_{n=1}^M \psi_{P_n}(x,y) \cdot v(P_n) \right|^2 dx dy$$

- où
- $P_n$  est un noeud d'indice  $n$  du maillage,
  - $M$  est le nombre total de nœuds de l'ensemble  $S$  ou  $S_i$  considéré,
  - 10 -  $I(x,y)$  représente la valeur de luminance (resp. de chrominance) du pixel de coordonnées  $(x,y)$ ,
  - $\psi_{P_n}$  est la fonction d'interpolation associée au sommet  $P_n$ ,
  - $v(P_n)$  est la valeur optimisée de luminance  
 15 (resp. de chrominance) associée au sommet  $P_n$ .

L'opération de minimisation de ce critère est donnée en détail dans la thèse intitulée "Représentation et codage de séquences vidéo par maillages 2D déformables"  
 20 de Patrick Lechat, page 106, IRISA, Rennes, Octobre 1999.

Par ailleurs, en réception, le décodage du train binaire produit par ce procédé de codage consiste à:

- 25 - décoder l'ensemble des données incluses dans le train binaire,
- déterminer si le bit de détection indique la présence de zones de défaut dans le maillage lors de

l'étape d'estimation de mouvement des images du procédé de codage,

- si tel est le cas, repérer les zones de défaut via les vecteurs déplacement de valeur nulle,
- 5 - décrémenter d'une unité la valeur des vecteurs déplacement de valeur non nulle, et
- recomposer la séquence d'images correspondant au train binaire.

## REVENDEICATIONS

- 1) Procédé d'estimation du mouvement entre deux images  
5 numériques,  $I_1$  et  $I_2$ , de luminance  $Y_1$  et  $Y_2$ , destiné à  
générer, pour chaque point de coordonnées  $x, y$  de  
l'image  $I_2$  un vecteur déplacement  $\vec{d}(x, y) = (d_x, d_y)$  de  
manière à former une image  $\hat{I}_2$  à partir de l'image  $I_1$ ,  
de luminance  $\hat{Y}_2(x, y) = Y_1(x + d_x, y + d_y)$ , qui soit une  
10 approximation de l'image  $I_2$ , comportant les étapes  
suivantes:
- (a) - définir un modèle d'éléments finis initial  
comportant un maillage dont les noeuds sont des points  
de l'image  $I_1$ , un vecteur déplacement à chaque noeud  
15 dudit maillage, et une formule d'interpolation pour  
calculer la valeur du vecteur déplacement de chaque  
point de l'image  $I_1$  à partir des valeurs des vecteurs  
déplacements des noeuds de la maille à laquelle il  
appartient,
  - 20 (b) - optimiser de manière globale les valeurs de  
l'ensemble des vecteurs déplacement du modèle selon une  
méthode différentielle,
  - (c) - appliquer lesdits vecteurs déplacement audit  
maillage du modèle initial de manière à générer un  
25 maillage déplacé représentatif de l'image  $\hat{I}_2$ ,
  - (d) - déterminer des zones de défaut dans ledit  
maillage déplacé, lesquelles zones de défaut sont  
déterminées de telle manière qu'elles renferment  
chacune au moins une ou plusieurs mailles se retournant  
30 ou se chevauchant après application des vecteurs

déplacement, l'ensemble desdites mailles du maillage déplacé se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement étant renfermées dans lesdites zones de défaut;

- 5 (e) - créer un ensemble S regroupant l'ensemble des nœuds du maillage déplacé contenus dans les zones de défaut,
- (f) - reprendre le modèle initial défini à l'étape (a), réinitialiser les valeurs de l'ensemble des vecteurs
- 10 déplacement dudit modèle initial et réoptimiser les valeurs des vecteurs déplacement du modèle selon l'étape (b) en excluant du modèle les vecteurs déplacement des nœuds dudit ensemble S.
- 15 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, au lieu de reprendre le modèle initial pour la réoptimisation des vecteurs déplacement à l'étape (f), on reprend un modèle correspondant au modèle obtenu à l'issue d'une itération de l'optimisation réalisée à
- 20 l'étape (b) pour laquelle les vecteurs déplacement optimisés n'engendrent pas de retournement de mailles, afin de diminuer le temps de traitement de l'étape (f).
- 3) Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé
- 25 en ce qu'il comporte en outre les étapes suivantes à effectuer entre les étapes (b) et (c) :
  - (b1) - calculer un écart E entre l'image  $I_2$  et l'image  $I_1$  pour chaque maille du modèle,
  - (b2) - opérer un maillage plus fin sur une fraction
  - 30 discrète de l'ensemble des mailles déterminée selon un

critère relatif aux écarts E, et attribuer un vecteur déplacement à chaque nouveau noeud de maillage,

- (b3) - répéter les étapes (b), (b1) et (b2) sur le modèle obtenu au terme de l'étape (b2) précédente,  
5 jusqu'à satisfaire un critère d'arrêt.

- 4) Procédé selon la revendication 3, pour opérer un maillage plus fin sur une fraction discrète de l'ensemble des mailles à l'étape (b2), on compare  
10 l'ensemble des écarts E calculés à l'étape (b1) à un écart seuil, et on subdivise en mailles de taille inférieure les mailles dont les écarts E sont supérieurs à l'écart seuil.

- 15 5) Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit critère d'arrêt est un nombre prédéterminé de mailles dans le modèle à atteindre au terme de l'étape (b2).

- 20 6) Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que ledit critère d'arrêt de l'étape (b3) est satisfait lorsque les écarts E de l'ensemble des mailles du modèle obtenu au terme de l'étape (b2) précédente sont inférieurs à un écart seuil.

25

- 7) Procédé d'estimation du mouvement entre deux images numériques,  $I_1$  et  $I_2$ , de luminance  $Y_1$  et  $Y_2$ , destiné à générer, pour chaque point de coordonnées  $x, y$  de l'image  $I_2$  un vecteur déplacement  $\vec{d}(x, y) = (d_x, d_y)$  de  
30 manière à former une image  $\hat{I}_2$  à partir de l'image  $I_1$ ,

de luminance  $\hat{Y}_2(x,y)=Y_1(x+d_x,y+d_y)$ , qui soit une approximation de l'image  $I_2$ , comportant les étapes suivantes:

- (a) - définir un modèle d'éléments finis initial  
5 comportant un maillage hiérarchique dont les noeuds sont des points de l'image  $I_1$ , ledit maillage hiérarchique comportant  $N+1$  niveaux de maillage ( $0..N$ ) et chaque nœud dudit maillage hiérarchique appartenant à au moins un niveau de maillage, un vecteur  
10 déplacement à chaque noeud dudit maillage hiérarchique, et une formule d'interpolation pour calculer la valeur du vecteur déplacement de chaque point de l'image  $I_1$  à partir des valeurs des vecteurs déplacement des noeuds de la maille à laquelle il appartient,
- 15 (b) - optimiser de manière globale, niveau de maillage par niveau de maillage, les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacement du modèle selon une méthode différentielle en partant du niveau de maillage le plus grossier (niveau 0) et en s'appuyant à chaque niveau  
20 sur les valeurs optimisées du niveau de maillage inférieur,
- (c) - appliquer lesdits vecteurs déplacement audit maillage hiérarchique du modèle initial de manière à générer un maillage déplacé représentatif de l'image  
25  $\hat{I}_2$ ,
- (d) - déterminer des zones de défaut à chaque niveau de maillage du maillage déplacé, lesquelles zones de défaut sont déterminées de telle manière qu'elles renferment chacune au moins une ou plusieurs mailles se  
30 retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement, l'ensemble desdites mailles dudit



maillage hiérarchique se retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement étant renfermées dans lesdites zones de défaut, les zones de défaut du maillage de niveau de maillage  $i$  comprenant  
5 au moins les zones de défaut du maillage de niveau de maillage  $i-1$ ;

(e) - créer un ensemble  $S_i$  pour chaque niveau de maillage  $i$ , lequel ensemble  $S_i$  regroupe l'ensemble des nœuds du niveau de maillage  $i$  du maillage déplacé  
10 contenus dans les zones de défaut,

(f) - reprendre le modèle initial défini à l'étape (a), réinitialiser les valeurs de l'ensemble des vecteurs déplacements dudit modèle initial et réoptimiser la valeur des vecteurs déplacement dudit modèle selon  
15 l'étape (b) en excluant à chaque niveau de maillage  $i$  les vecteurs déplacement des nœuds de l'ensemble  $S_i$  correspondant.

8) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce  
20 que, au lieu de reprendre le modèle initial pour la réoptimisation des vecteurs déplacement à l'étape (f), on reprend un modèle correspondant au modèle obtenu à l'issue d'une itération de l'optimisation réalisée à l'étape (b) pour laquelle les vecteurs déplacement  
25 optimisés n'engendrent pas de retournement de mailles, afin de diminuer le temps de traitement de l'étape (f).

9) Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque zone de défaut est un  $k$ -  
30 disque d'une zone englobant au moins une maille se

retournant ou se chevauchant après application des vecteurs déplacement.

10) Procédé selon l'une des revendications 3 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape de correction de la position des nœuds des zones de défaut afin d'améliorer la convergence de l'étape (b) pour l'estimation de mouvement d'images par rapport à l'image  $I_2$ .

10

11) Application du procédé d'estimation de mouvement selon l'une des revendications 1 à 10 pour le codage d'une séquence d'images numériques.

15 12) Procédé de codage d'une séquence d'images numériques visant à produire un train binaire représentatif de ladite séquence d'images, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- effectuer une estimation de mouvement de chacune des images numériques de la séquence par rapport à l'image qui la précède en mettant en œuvre le procédé d'estimation de mouvement selon l'une des revendications 1 à 10, et
- introduire dans le train binaire des données pour décrire la première image de ladite séquence d'images, des données sur la structure du maillage employé pour l'étape d'estimation de mouvement, les vecteurs déplacements obtenus à l'issue de ladite étape d'estimation de mouvement de chaque image et des données de défaut pour représenter les zones de défaut

30

déterminées au cours de l'étape d'estimation de mouvement.

13) Procédé selon la revendication 12, caractérisé en  
5 ce que le train binaire comporte en outre un bit de  
détection indiquant si l'étape d'estimation de  
mouvement de chacune des images a déterminé des zones  
de défaut dans le maillage.

10 14) Procédé selon la revendication 12 ou 13,  
caractérisé en ce que la valeur des vecteurs  
déplacement obtenus à l'issue de ladite étape  
d'estimation de mouvement est modifiée avant  
d'introduire lesdits vecteurs déplacement dans le train  
15 binaire.

15) Procédé selon la revendication 14, caractérisé en  
ce que la valeur zéro est attribuée aux vecteurs  
déplacement des nœuds des zones de défaut et en ce que  
20 la valeur des autres vecteurs déplacement du modèle est  
incrémentée d'une unité.

16) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15,  
caractérisé en ce que les données de défaut introduites  
25 dans le train binaire sont obtenues par application  
d'une transformée en cosinus discrète sur la partie  
correspondante de l'image numérique.

17) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15,  
30 caractérisé en ce que les données de défaut introduites  
dans le train binaire sont obtenues par application

d'une transformée par ondelettes sur la partie correspondante de l'image numérique.

18) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15,  
5 caractérisé en ce que les données de défaut introduites dans le train binaire sont obtenues par application d'une méthode d'approximation par éléments finis sur la partie correspondante de l'image numérique.

10 19) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, elle-même dépendante de l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les données de défaut introduites dans le train binaire sont les valeurs de luminance, de chrominance et éventuellement de position des noeuds de  
15 l'ensemble S.

20) Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que les valeurs de luminance et de chrominance des noeuds de l'ensemble S sont optimisées avant d'être  
20 introduites dans le train binaire.

21) Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que les valeurs de position des noeuds de l'ensemble S sont optimisées avant d'être introduites dans le  
25 train binaire.

22) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, elle-même dépendante de l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que les données de défaut  
30 introduites dans le train binaire sont les valeurs de luminance, de chrominance et de position des noeuds de

l'ensemble  $S_N$  se rapportant au niveau de maillage le plus élevé (N).

23) Procédé selon la revendication 21, caractérisé en  
5 ce que les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_N$  sont optimisées avant d'être introduites dans le train binaire.

24) Procédé selon la revendication 23, caractérisé en  
10 ce que les valeurs de position des nœuds de l'ensemble  $S_N$  sont optimisées avant d'être introduites dans le train binaire.

25) Procédé selon la revendication 23 ou 24,  
15 caractérisé en ce que l'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_N$  se rapportant au niveau de maillage le plus élevé (N) est réalisée selon une approche hiérarchique, en optimisant d'abord les valeurs de luminance et de  
20 chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_0$  correspondant au niveau de maillage le plus grossier, puis les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds des ensembles intermédiaires  $S_i$  en se basant sur les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds du niveau de  
25 maillage inférieur  $S_{i-1}$ , jusqu'à atteindre le niveau de maillage le plus élevé (N).

26) Procédé selon la revendication 25, caractérisé en  
ce que l'optimisation selon une approche hiérarchique  
30 des valeurs de luminance et de chrominance de l'ensemble  $S_N$  est réalisée en commençant par

l'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_m$ , avec  $m > 0$ .

27) Procédé selon l'une des revendications 12 à 15,  
5 elle-même dépendante de l'une des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que les données de défaut introduites dans le train binaire sont les valeurs de luminance, de chrominance et de position des noeuds de l'ensemble  $S_j$  avec  $j \geq 1$ , 1 étant le niveau de maillage  
10 où la zone de défaut considérée est apparue.

28) Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_j$  sont optimisées avant d'être  
15 introduites dans le train binaire.

29) Procédé selon la revendication 28, caractérisé en ce que les valeurs de position des nœuds de l'ensemble  $S_j$  sont optimisées avant d'être introduites dans le  
20 train binaire.

30) Procédé selon la revendication 28 ou 29, caractérisé en ce que l'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_j$   
25 est réalisée selon une approche hiérarchique, en optimisant d'abord les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_0$  correspondant au niveau de maillage le plus grossier, puis les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds des ensembles  
30 intermédiaires  $S_i$  en se basant sur les valeurs de luminance et de chrominance des nœuds du niveau de

maillage inférieur  $S_{i-1}$ , jusqu'à atteindre le niveau de maillage  $j$ .

31) Procédé selon la revendication 30, caractérisé en ce que l'optimisation selon une approche hiérarchique des valeurs de luminance et de chrominance de l'ensemble  $S_j$  est réalisée en commençant par l'optimisation des valeurs de luminance et de chrominance des nœuds de l'ensemble  $S_m$ , avec  $0 < m < j$ .

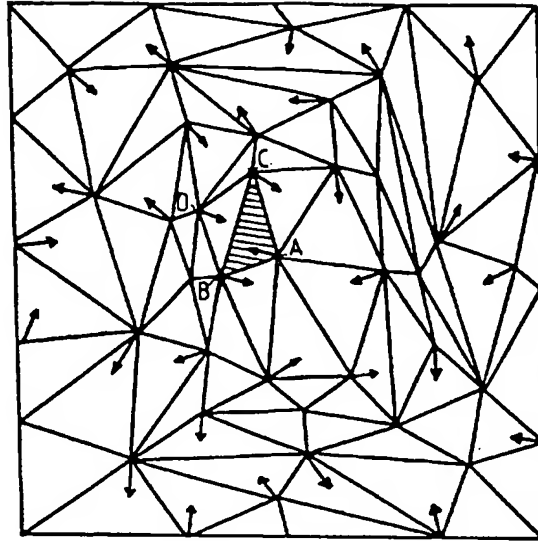
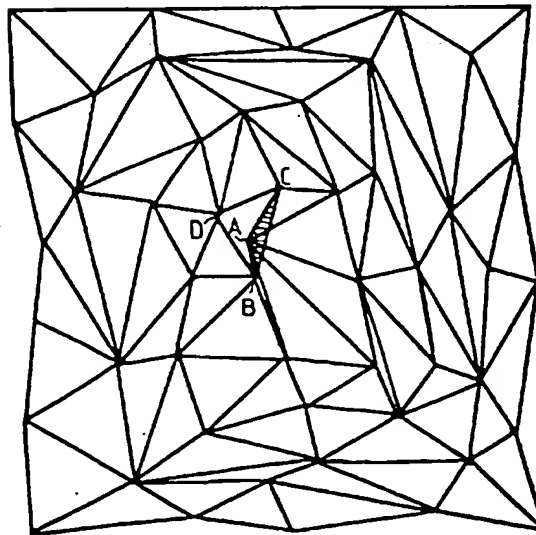
10

32) Procédé de décodage d'un train binaire représentatif d'une séquence d'images et produit par le procédé de codage selon l'une des revendications 15 à 31, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes

15 suivantes:

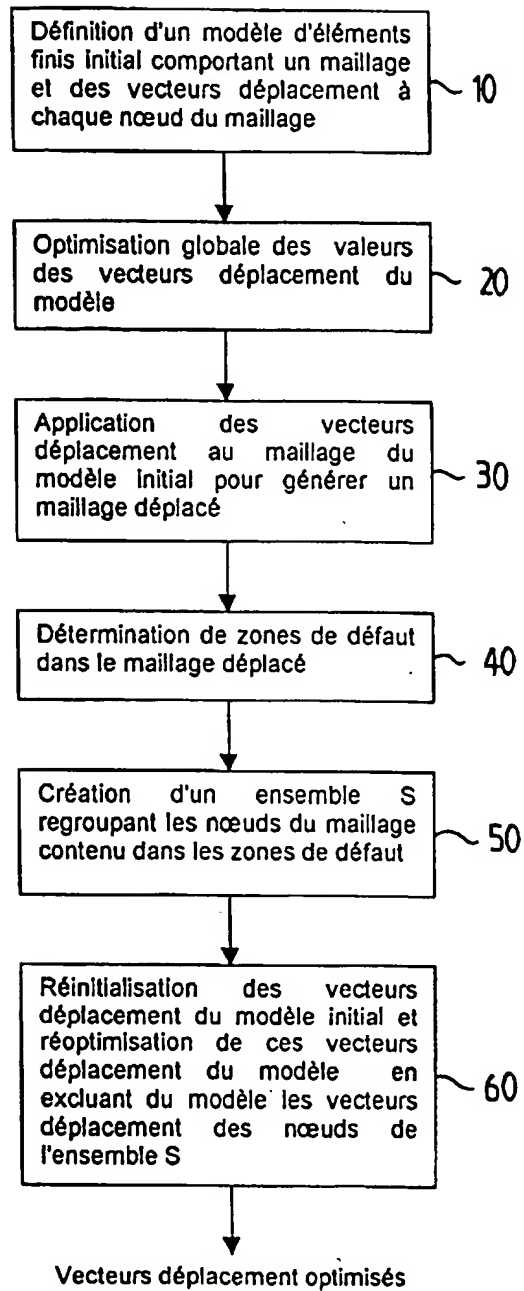
- décoder l'ensemble des données incluses dans ledit train binaire,
- déterminer si le bit de détection indique la présence de zones de défaut dans le maillage lors de l'étape d'estimation de mouvement des images du
- 20 procédé de codage,
- si tel est le cas, repérer lesdites zones de défaut via les vecteurs déplacement de valeur nulle,
- décrémenter d'une unité la valeur des vecteurs
- 25 déplacement de valeur non nulle, et
- recomposer ladite séquence d'images.

1/4

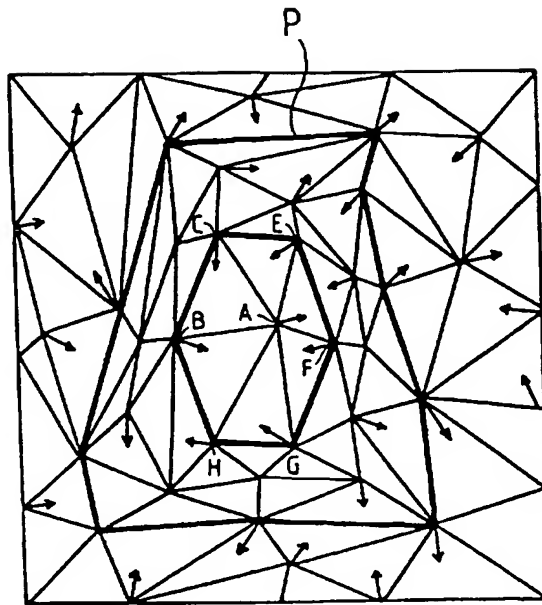
FIG.1AFIG.1B

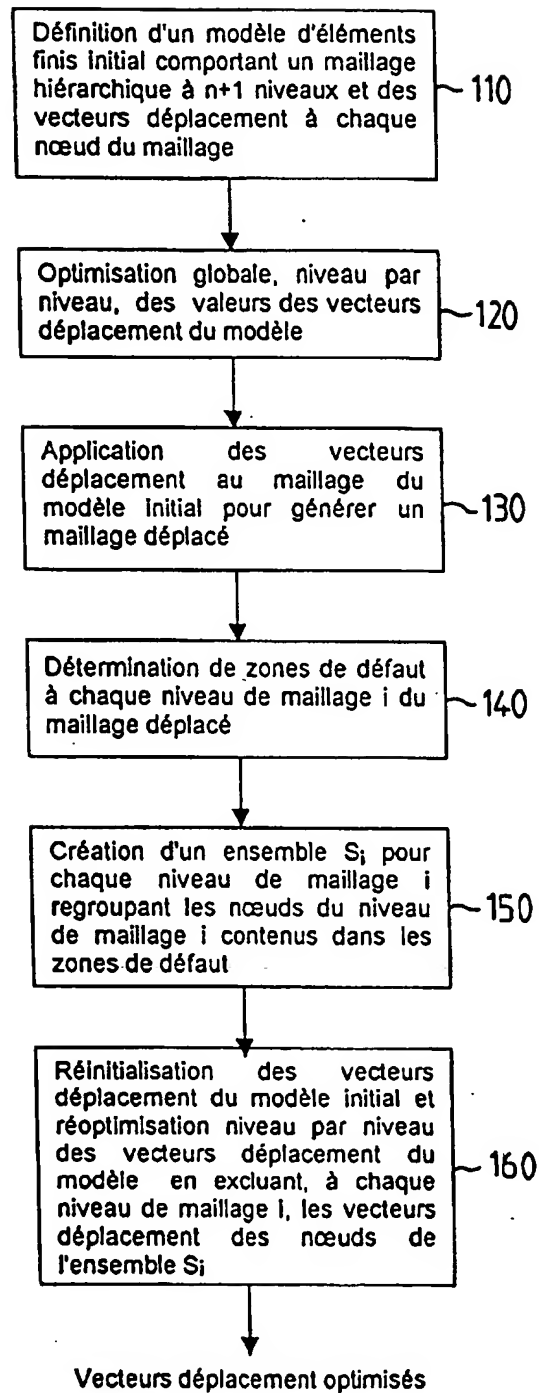


2/4

**FIG.2**

3/4

FIG. 3

**FIG.4**



# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2802377

N° d'enregistrement  
national

FA 585180

FR 9915568

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	LECHAT P ET AL: "SCALABLE IMAGE CODING WITH FINE GRANULARITY BASED ON HIERARCHICAL MESH" PROCEEDINGS OF THE SPIE, janvier 1999 (1999-01), XP000862993 * alinéas '0002!-'0004! *	1-32	H04N7/28 G06T7/20
A	LAURENT N ET AL: "Limitation of triangles overlapping in mesh-based motion estimation using augmented Lagrangian" PROCEEDINGS 1998 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING. ICIP98 (CAT. NO.98CB36269), PROCEEDINGS OF IPCIP'98 INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING, CHICAGO, IL, USA, 4-7 OCT. 1998, pages 223-227 vol.2, XP002144676 1998, Los Alamitos, CA, USA, IEEE Comput. Soc, USA ISBN: 0-8186-8821-1 * le document en entier *	1-32	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	CHOU Y -M ET AL: "OVERLAPPED PATCH ELIMINATION ALGORITHM FOR DEFORMABLE MESH VIDEO CODING" ELECTRONICS LETTERS,GB,IEE STEVENAGE, vol. 33, no. 13, 19 juin 1997 (1997-06-19), pages 1133-1134, XP000734120 ISSN: 0013-5194 * le document en entier *	1-32	H04N
-/-			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 août 2000		Georgiou, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

3

EPO FORM 1503 12.99 (PXC14)



# **RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2802377

N° d'enregistrement  
national

FA 585180

FR 9915568

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	DUDON M ET AL: "Triangular active mesh for motion estimation" SIGNAL PROCESSING. IMAGE COMMUNICATION,NL,ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS, AMSTERDAM, vol. 10, no. 1-3, 1 juillet 1997 (1997-07-01), pages 21-41, XP004082700 ISSN: 0923-5965 * alinéa '0004! *	1-32	
A	WANG Y ET AL: "USE OF TWO-DIMENSIONAL DEFORMABLE MESH STRUCTURES FOR VIDEO CODING. PART I--THE SYNTHESIS PROBLEM: MESH-BASED FUNCTION APPROXIMATION AND MAPPING" IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 6, no. 6, 1 décembre 1996 (1996-12-01), pages 636-646, XP000641036 ISSN: 1051-8215 * alinéa '00IV!; figure 4 *	1-32	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
10 août 2000		Georgiou, G	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

3

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)